

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 3203869 C2

≡ DE - GM 82 03 000

⑤① Int. Cl. 3:
F 01 D 5/28
F 01 D 5/20

Boe/oss-Q

⑳ Aktenzeichen: P 32 03 869.0-13
㉑ Anmeldetag: 5. 2. 82
㉒ Offenlegungstag: 18. 8. 83
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 10. 5. 84

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:

MTU Motoren- und Turbinen-Union München GmbH,
8000 München, DE

⑦② Erfinder:

Krüger, Wolfgang, 8069 Reichertshausen, DE,
Hüther, Werner, Dr.-Ing., 8047 Karlsfeld, DE

⑤⑥ Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene
Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-OS 28 34 864
DE-OS 28 34 843
FR 9 99 820
GB 20.75 129

⑤④ Turbinenlaufschaufel für Strömungsmaschinen, insbesondere Gasturbinentriebwerke

DE 3203869 C2

DE 3203869 C2

BEST AVAILABLE COPY

Patentansprüche:

1. Turbinenlaufschaufel für Strömungsmaschinen, insbesondere Gasturbinentriebwerke, die aus einem den Schaufelfuß enthaltenden, tragenden metallischen Kern und einem denselben mit Abstand umhüllenden keramischen Schaufelmantel besteht, der über eine Halteeinrichtung frei dehnbar am Kern aufgehängt ist und hierzu vom oberen Ende der Mantelinnenwand aus gegen die Schaufelmitte vorspringende Absätze aufweist, die zwischen ihrem oberen Ende und dem seitlich außerhalb derselben radial auskragenden Schaufelmantel einen das verbreiterte Ende der Halteeinrichtung aufnehmenden Raum definieren, wobei eine von der Schaufelfußseite aus radial durch den Schaufelkern verlaufende Kühlluftführung mit Kühlkanälen kommuniziert, die die Halteeinrichtung einschließlich des verbreiterten Endes in Längsrichtung durchsetzen, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- a) Die mantelinnenwandseitig angeordneten Absätze sind durch entlang der Schaufelskelettlinie aufeinander folgende Radialbohrungen (4, 5, 6) eines den gesamten Schaufelhohlraum durchsetzenden Querstegs (7) des gemeinsamen Schaufelmantels (3) gebildet;
- b) das verbreiterte Ende der Halteeinrichtung besteht aus den jeweils schraubenkopffartigen Enden (10) mehrerer metallischer Haltestifte (8), mit denen der Schaufelmantel (3) über die Bohrungen (4, 5, 6) des Querstegs (7) an dem an das untere Querstegende angrenzenden Schaufelkern (2) festlegbar ist;
- c) innerhalb der Kontaktbereiche zwischen dem Schaufelkern (2) sowie den Haltestiften (8) nebst schraubenkopffartigen Enden (10) einerseits und den daran angrenzenden Schaufelmantel- und Querstegpartien andererseits sind zusätzliche keramische Wärmeisolierungen bzw. Isolierformteile (16) angeordnet;
- d) auf die von den schraubenkopffartigen Enden (10) gebildete Verbreiterung der Halteeinrichtung ist eine poröse, gänzlich von Kühlluft durchflutbare Anstreifschicht (11) aufgebracht, die mit den Kühlluftaustritten der jeweils im wesentlichen in der Stiftlängsachse liegenden Kühlkanäle (12) kommuniziert.

2. Turbinenlaufschaufel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die poröse Anstreifschicht (11) aus einem Sinter- oder Feltmetall besteht und weiter durch eine Löt- oder Diffusionsverbindung an den schraubenkopffartigen Enden (10) der Haltestifte (8) befestigt ist.

3. Turbinenlaufschaufel nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Haltestifte (8) über eine Löt-, Diffusions- oder Schraubverbindung am metallischen Kern (2) festlegbar sind.

4. Turbinenlaufschaufel nach Anspruch 1, 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmeisolierungen bzw. -isolierformteile (16) aus Aluminiumtitanat oder Zirkonoxid gefertigt sind.

5. Turbinenlaufschaufel nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der überwiegende Teil des blattseitigen Schaufelkerns (2') von einem der Innenkontur des kerami-

schen Schaufelmantels (3) angepaßten Blechmantel (18) umgeben ist, der zwischen sich und diesem blattseitigen Teil des Schaufelkerns (2') ein mittels Kühlluft beaufschlagbares Kanalsystem (19) einschließt, dessen Konfiguration durch einen im Sinne einer hocheffizienten Bauteilkühlung ausgebildeten Außenstrukturverlauf des metallischen Schaufelkerns (2') bestimmt ist.

6. Turbinenlaufschaufel nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die dem keramischen Schaufelmantel (3) zugewandte Seite des Blechmantels (18) mit einer strahlungsreflektierenden Schicht versehen ist.

7. Turbinenlaufschaufel nach den Ansprüchen 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß das vom Blechmantel (8) umschlossene Kühlkanalsystem (19) am Schaufelkern (2') von der Schaufelfußseite aus mit Kühlluft beaufschlagbar ist, die zunächst über radiale Kanäle (21, 21') durch den Schaufelkern (2') in Richtung auf das obere Kernende geleitet von dort über eine seitliche Kanalverzweigung (22) dem Kühlkanalsystem (19) zugeführt wird, dessen gemeinsamer Kühlluftaustritt (23) an der Schaufelfußplatte (1) in den Turbinenkanal ausmündet.

Die Erfindung bezieht sich auf eine Turbinenlaufschaufel für Strömungsmaschinen, insbesondere Gasturbinentriebwerke, die aus einem den Schaufelfuß enthaltenden, tragenden metallischen Kern und einem denselben mit Abstand umhüllenden keramischen Schaufelmantel besteht, der über eine Halteeinrichtung frei dehnbar am Kern aufgehängt ist und hierzu vom oberen Ende der Mantelinnenwand aus gegen die Schaufelmitte vorspringende Absätze aufweist, die zwischen ihrem oberen Ende und dem seitlich außerhalb derselben radial auskragenden Schaufelmantel einen das verbreiterte Ende der Halteeinrichtung aufnehmenden Raum definieren, wobei eine von der Schaufelfußseite aus radial durch den Schaufelkern verlaufende Kühlluftführung mit Kühlkanälen kommuniziert, die die Halteeinrichtung einschließlich des verbreiterten Endes in Längsrichtung durchsetzen.

Bei einer derartigen, aus der DE-OS 28 34 843 bekannten Laufschaufel besteht die Halteeinrichtung des keramischen Schaufelmantels am metallischen Schaufelkern aus einem den letzteren an seinem oberen Ende räumlich erweiternden, der Mantelinnenkontur formal folgenden Kopfteil unterhalb desselben der Schaufelmantel mittels dessen gegen die Schaufelmitte seitlich auskragenden Absätzen unmittelbar an bzw. in eine entsprechende Vertiefung des Kerns zangenartig an- bzw. eingreifen soll. Als Folge dieser zangenartigen, räumlich engen sowie unmittelbaren Mantel-Kern-Aufhängung dürfte insbesondere aufgrund vergleichsweise extrem unterschiedlicher Wärmeausdehnungskoeffizienten des Keramikmantels einerseits und des z. B. aus Stahl oder einer Stahlegierung gefertigten Schaufelkerns andererseits eine frei dehnbare Mantelaufhängung am Kern weitestgehend in Frage gestellt sein. Im Extremfall dürfte gar mit einer Aufspaltung des keramischen Mantels gerechnet werden können, zumal die mantelseitige Aufhängungspartei festigkeitsmäßig vergleichsweise schwach ausgebildet ist.

Infolge des absatzförmigen und zangenartigen Eingriffs des Schaufelmantels in den Schaufelkern sind im

vorliegenden bekannten Fall ferner die Mantel-Kern-Aufhängung beeinträchtigende Scherspannungen (Kerbwirkung) zu erwarten und es ist ferner weder eine gleichmäßige Verteilung der Auflageflächenkräfte noch eine festigkeitsmäßig ausreichend lange Fügefläche an der betreffenden Verbindungsstelle realisierbar.

Ferner muß im vorliegenden bekannten Fall der die betreffende Aufweitung der Halteeinrichtung bildende Kopfteil des Schaufelkerns im Wege des bzw. nach dem Aufsetzen des Mantels auf den Kern auf mechanische oder anderweitige Verfahrensweise (Diffusionsschweißen, Löten) hergestellt werden. Würde man nun den Schaufelmantel in irgendeiner Form vom Kern lösen wollen, so könnte dies allenfalls nur durch eine Zerstörung oder besondere Zerlegung des Schaufelmantels erfolgen oder aber in der Weise, daß der Kern selbst bzw. der Schaufelfuß vergleichsweise schlank und dementsprechend festigkeitsmäßig geschwächt ausgeführt werden müßte, um gegebenenfalls durch die betreffende Engstelle zwischen den Mantelabsätzen hindurchgezogen werden zu können, nachdem der Kern nebst Fuß und Mantel zuvor von der Radscheibe entfernt worden sind.

Bei der zuvor genannten, bekannten Laufschaufel nach der DE-OS 28 34 843 sind außerdem keinerlei Vorkehrungen getroffen, um die Laufschaufel im Schaufelspitzenbereich hinsichtlich etwaiger Gehäuseanstreifvorgänge sowie hinsichtlich Abbrand- sowie etwaiger Korrosions- und Erosionsgefahren durchgreifend schützen zu können.

Bei einer bekannten Turbinenlaufschaufel nach der FR-PS 9 99820 ist zwar schon eine Verbindung des Schaufelmantels mit dem Kern unter der Verwendung je eines Schraubbolzens bzw. röhrenartigen Gliedes vorgesehen, wobei diese Schraubbolzen bzw. Röhren zugleich den metallischen Schaufelkern bereitstellen sollen. Der wesentliche Nachteil dieser bekannten Lösung wird zum einen darin gesehen, daß eine metallische Verbindung in Form einer Lasche am oberen Kopfende der Schaufel zwischen dem Schaufelmantel und dem Kern vorgesehen sein soll. Diese unmittelbare metallische Wärmeleitverbindung zwischen dem Schaufelmantel und dem Kern dürfte überdies eine frei dehnbare Aufhängung des Mantels am Kern weitestgehend auch deshalb in Frage stellen, da sie zugleich den Kern und den Mantel vergleichsweise eng umschließen muß, um überhaupt diese Mantel-Kern-Verbindung in die Wege leiten zu können.

Auch dürfte diese bekannten Turbinenlaufschaufel vergleichsweise hohen mechanischen Belastungen deshalb nicht gewachsen sein, weil der ausschließlich aus Bolzen oder Röhren bestehende, tragende Kernquerschnitt vergleichsweise viel zu gering ausgeführt ist. Im vorliegenden bekannten Fall sind außerdem keinerlei Wärmeisolationsvorkehrungen im Aufhängungsbereich zwischen dem Keramikmantel und dem metallischen Schaufelkern vorgesehen; ferner weist diese bekannte Lösung keine ausreichende Schaufelmantelversteifung im aufhängungsseitigen Bereich auf. Somit kann auch bei dieser bekannten Laufschaufel die Gefahr einer Aufsprengung des Schaufelmantels im betreffenden Verbindungsbereich nicht ausgeschlossen werden und eine tatsächlich »frei dehnbare« Aufhängung des Mantels am Kern dürfte infolge der unmittelbaren, laschenartigen sowie räumlich engen Metallverbindung zwischen Mantel und Kern weitestgehend in Frage gestellt sein. Im übrigen vermittelt diese bekannte Turbinenlaufschaufel keinerlei Vorkehrungen, um die betreffende

Schaufelspitzenpartie, insbesondere hinsichtlich der Hochtemperatureinsatzgefahren, gleichzeitig einlaufgünstig und verschleißarm ausbilden zu können.

Die aus der GB-OS 20 75 129 bekannte Turbinenlaufschaufel vermittelt bereits aus der Sicht der eingangs genannten gattungsgemäßen Laufschaufel keinerlei Hinweis auf die Schaffung einer Metall-Keramik-Verbindungschaufel.

In dieser GB-OS 20 75 129 ist ferner für diese bekannte Turbinenlaufschaufel weder aufgaben- noch lösungsgemäß ein Weg aufgezeigt, um insbesondere trotz hoher Temperatur- und Fliehkraftbeanspruchungen sowie der Werkstoffwahl (Metall/Keramik) eine die »freie Dehnbarkeit« gewährleistende, betriebssichere Verbindung zwischen einem keramischen Schaufelmantel und einem metallischen Schaufelkern bereitstellen zu können. Aus dieser GB-OS 20 75 129 ist es lediglich für sich bekannt, das obere Schaufelkopfende abschnittsweise und in Schaufelquerrichtung gegeneinander abgestuft mit einer Schaufelanstreifschicht zu versehen, wobei zwischen diesen einzelnen Abstufungen Kühlluftbohrungen ausmünden, die mit dem luftbeaufschlagten Schaufelinneren in Verbindung stehen. Nachdem hierbei aber diese Anstreifschichten nicht unmittelbar gezielt in den Kühlprozeß mit einbezogen sind, muß beim praktischen Einsatz, insbesondere bei vergleichsweise hohen Turbineneintrittstemperaturen, damit gerechnet werden, daß ein solcher Schaufelkopf verhältnismäßig schnell durch Heißgasoxydation bzw. -korrosion unbrauchbar wird.

In Ermangelung eines gattungsgemäßen Verbund-schaufelkonzepts vermittelt diese bekannte Turbinenlaufschaufel aus der GB-OS 20 75 129 ferner keinerlei Lösungsansätze für eine montagefreundliche Befestigungsweise eines Schaufelmantels am -kern.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die zu Bekanntem vorgebrachten Nachteile zu beseitigen und eine gattungsgemäße Turbinenlaufschaufel zu schaffen, die trotz extrem hoher Temperatur- und Fliehkraftbeanspruchung eine schaufelkopfseitig verschleißarme, die freie Dehnbarkeit nicht behindernde, betriebssichere sowie lösbare Verbindung zwischen Schaufelmantel und -kern bei optimaler Gesamtfestigkeitsstruktur der Schaufel erreichen lassen soll.

Die gestellte Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Kennzeichnungszeichens des Patentanspruchs 1 gelöst.

Demnach ist die Erstellung einer mechanisch hochbelastbaren Turbinenlaufschaufel möglich, da u. a. ein ausreichender tragender Querschnitt im höchstbelasteten Teil des Schaufelkerns (Kernquerschnitt in Höhe des unteren Schaufelmantelendes) und zudem eine ausreichend lange Fügefläche im Wege der Bolzenverbindung des Schaufelmantels mit dem Kern möglich ist. Ferner bleiben etwa auftretende Scherspannungen weitestgehend ohne Einfluß auf die Verbindung bzw. Halteeinrichtung zwischen dem Schaufelmantel und dem -kern.

Der wesentliche Vorteil der gegebenen Wärmeisolation ist es, daß durch den Einsatz eines keramischen Wärmeisolators mit extrem niedriger Wärmeleitfähigkeit und Wärmedehnung gerade an dieser gefährdeten Stelle erreicht wird, daß zur Gewährleistung einer tatsächlich »frei dehnbaren« Schaufelmantelaufhängung sich der im Betrieb gekühlte Schaufelkern praktisch nicht stärker ausdehnt als das betreffende keramische Gegenmaterial bzw. der Schaufelmantel. Dadurch, daß ferner eine verhältnismäßig stark versteifte Schaufelstruktur (durchlaufender Querriegel) zugrunde gelegt

werden kann, der nur durch die Einzelbohrungen für die Festlegung des Mantels am Kern durchbrochen bzw. »geschwächt« werden muß, besteht somit nicht die Gefahr, daß der keramische Schaufelmantel, insbesondere in Kombination mit der Wirkung dieser Wärmeisolierung aufgesprengt werden könnte, und zwar hauptsächlich als Ursache üblicherweise verhältnismäßig stark unterschiedlicher Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen dem metallischen und keramischen Werkstoff auf der einen Seite und etwaigen extrem hohen Fliehkraftbeanspruchungen auf der anderen Seite.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil des genannten Wärmeisolators besteht darin, daß dieser mit vergleichsweise geringerer Festigkeit (niedrigerer E-Modul) ausgelegt werden kann als die übrige Werkstoffpaarung, um so zu einer »dämpfenden« Wirkung zu gelangen, und zwar hinsichtlich einer gleichmäßigen Verteilung der Auflageflächenkräfte an der betreffenden Verbindungsstelle.

Die im Rahmen einer Transpirationskühlung gänzlich und gezielt von Kühlluft durchströmbare Anstreifschicht gewährleistet eine extrem geringe schaufelkopfseitige Verschleißfestigkeit bezüglich Heißgaskorrosionen und -erosionen bei zugleich günstigen Schaufeleinlaufeigenschaften.

Insbesondere mit Rücksicht auf eine Schraubgewindeverbindung der die obere metallische Kernfortsetzung bildenden Haltestifte mit dem Schaufelkern wäre ferner eine vergleichsweise leichte Lösbarkeit des Schaufelmantels vom -kern vorstellbar.

Anhand der Zeichnungen ist die Erfindung beispielsweise erläutert; es zeigt

Fig. 1 einen Schaufelradialschnitt nach der Linie I-I der Fig. 2,

Fig. 2 die Draufsicht der Schaufel nach Fig. 1,

Fig. 3 einen Radialschnitt des keramischen Schaufelmantels gemäß der Linie III-III der Fig. 4,

Fig. 4 die Draufsicht des keramischen Schaufelmantels nach Fig. 3 und

Fig. 5 eine hinsichtlich der zusätzlichen Verwendung eines kernaußenseitigen Kühlsystems und dessen Beaufschlagung besonders gegenüber Fig. 1 abgewandelte, als Radialschnitt dargestellte Schaufelvariante ohne den Schaufelmantel nach Fig. 3.

Die in Fig. 1 dargestellte Turbinenlaufschaufel, z. B. für ein Gasturbinentriebwerk, besteht aus einem den Schaufelfuß 1 enthaltenden, tragenden metallischen Kern 2 sowie aus einem diesen Kern 2 mit Abstand umhüllenden keramischen Schaufelmantel 3. Dieser keramische Schaufelmantel 3 ist von oben auf den metallischen Kern 2 aufsetzbar und weist im Bereich des oberen Endes mantelinnenwandseitige Absätze auf, die durch entlang der Schaufelskelettlinie aufeinander folgende Radialbohrungen 4, 5 und 6 eines den gesamten Schaufelhohlraum durchsetzenden Querstegs 7 des gemeinsamen Schaufelmantels 3 gebildet sind. Über diesen Quersteg 7 kann der keramische Schaufelmantel 3 mittels in die Radialbohrungen 4, 5 und 6 einsetzbarer metallischer Haltestifte, z. B. 8 (Fig. 1), am Kern 2 festgelegt werden.

Wie ferner aus Fig. 3 entnehmbar, befinden sich innerhalb eines vom oberen Stegende ausgehenden, seitlich außerhalb desselben vom radial auskragenden Schaufelmantelende umschlossenen Raums 9 zur Aufnahme des verbreiterten Endes der Halteeinrichtung die schraubenkopfförmig ausgebildeten Enden 10 (Fig. 1) nebst eines Teiles einer auf diese Enden der Haltestifte 8 aufgetragenen porösen Anstreifschicht 11, die das be-

nachbarte Schaufelmantelende geringfügig überkragt. Diese Anstreifschicht 11 ist über in den betreffenden Stiftlängsachsen liegenden Kühlkanäle 12 mit Kühlluft beaufschlagbar sowie ferner von dieser Kühlluft gänzlich durchflutbar (Transpirationskühlung). Die Kühlkanäle 12 kommunizieren mit einer von der Schaufelfußseite ausgehenden Kühlluftzufuhr; und zwar wird die Kühlluft gemäß Fig. 1 über einen an den Schaufelfußnutgrund angrenzenden Hohlraum 13 einer Bohrung 14 zugeführt, die auf der vom Nutgrund abgewandten Seite in eine Sacklochende 15 ausmündet, das von der betreffenden Bohrung des Haltestiftes 8 bereitgestellt wird. Position 15 könnte aber auch einen Kanal definieren, von dem aus sämtliche Kühlluftkanäle aller drei Stifte gleichzeitig mit Kühlluft beaufschlagbar wären.

Diese poröse, beim Anstreifen der Schaufelspitzen an der Turbinenummantelung teilweise abreibbare Anstreifschicht 11 kann z. B. aus einem Sinter- oder Feltmetall gefertigt sein und sie kann ferner z. B. durch eine Lot- oder Diffusionsverbindung an den schraubenkopfförmigen Enden 10 der Haltestifte 8 befestigt werden.

In den Zeichnungen nicht weiter dargestellt, können die Haltestifte über einen Löt-, Diffusions- oder Schraubverbindung am metallischen Kern der Turbinenlaufschaufel festgelegt werden.

Wie aus Fig. 1 ferner hervorgeht, können in den Kontaktbereichen zwischen dem metallischen Schaufelkern 2 sowie den Haltestiften 8 nebst schraubenkopfförmigen Enden 10 einerseits und den daran angrenzenden Schaufelmantel- und Querstegpartien andererseits zusätzliche keramische Wärmeisolierungen bzw. -isolierformteile 16 angeordnet sein, die z. B. aus Aluminiumtitanat oder Zirkonoxid gefertigt sein können. Insbesondere im Bereich der Halteeinrichtung bzw. Verbindungsstelle kann auf diese Weise ein Wärmetransport vom Schaufelmantel zum -kern weitestgehend unterbunden werden.

Gemäß Fig. 5 kann der überwiegende Teil des blattseitigen Schaufelkerns 2' von einem der Innenkontur 17 (Fig. 3) des keramischen Schaufelmantels 3 angepaßten Blechmantel 18 umgeben sein. Dieser Blechmantel 18 schließt zwischen sich und dem blattseitigen Teil des Schaufelkerns 2' ein mittels Kühlluft beaufschlagbares Kanalsystem 19 ein, dessen Konfiguration durch einen im Sinne einer hocheffizienten Bauteilkühlung ausgebildeten Außenstrukturverlauf des metallischen Schaufelkerns 2' bestimmt sein soll. Von dieser genannten Kühlkonfiguration sind in Fig. 5 lediglich Noppen 20 als Anlageflächen zwischen dem Blechmantel 18 und dem Schaufelkern 2' entnehmbar. Dieser Anordnung wäre bei extrem hoher Heißgastemperaturerwartung der Vorzug zu geben.

Um den metallischen Schaufelkern noch besser gegenüber der Wärmeabstrahlung aus dem keramischen Schaufelblatt schützen zu können, kann die dem keramischen Schaufelmantel zugewandte Seite des Blechmantels zusätzlich mit einer strahlungsreflektierenden Schicht versehen werden.

Das vom Blechmantel 18 nach Fig. 5 umschlossene Kühlkanalsystem 19 am Schaufelkern 2' ist von der Schaufelfußseite aus mit Kühlluft beaufschlagbar. Die Kühlluft wird hier zunächst vom an den Schaufelfußnutgrund angrenzenden Hohlraum 13 über radiale Kanäle 21, 21' durch den Schaufelkern 2' in Richtung auf das obere Kernende geleitet und von dort über eine seitliche Kanalverzweigung 22 dem Kühlkanalsystem 19 zugeführt. Der gemeinsame Kühlluftaustritt, über den die Kühlluft dann aus dem Kühlkanalsystem 19 dem Turbi-

nenkanal zugeführt werden kann, ist in Fig. 5 mit 23 bezeichnet, wobei dieser gemeinsame Kühlluftaustritt 23 an der Schaufelfußplatte 1 in den Turbinenkanal ausmündet.

Der in Fig. 1 und 3 dargestellte keramische Schaufelmantel 3 wäre aufgrund der vorbeschriebenen Stiftverbindung, vorzugsweise als Einschraubverbindung mit dem Schaufelkern sowie der angegebenen Querstegausbildung, leicht austauschbar.

Unter anderem können für wesentliche Bauteile folgende Werkstoffe bevorzugt zugrundegelegt werden:

- für den metallischen Schaufelkern
: Inconel 100,
- für den keramischen Schaufelmantel
: gesintertes Siliziumkarbid oder gesintertes Siliziumnitrid,
- für die metallischen Haltestifte
: Inconel 100,
- für den Blechmantel
: Inconel 625

Die Erfindung eignet sich für alle Arten hochtemperaturgasseitig beaufschlagbarer Turbinen von Strömungsmaschinen, wie Gasturbinentriebwerke für den stationären Betrieb sowie für Gasturbinenstrahltriebwerke von Flugzeugen.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

BEST AVAILABLE COPY

Fig. 3

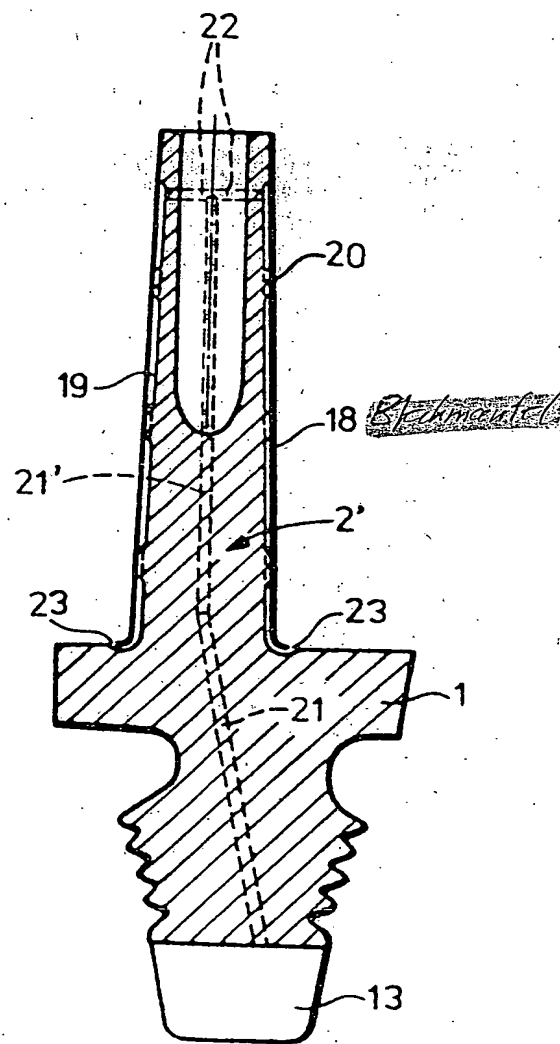
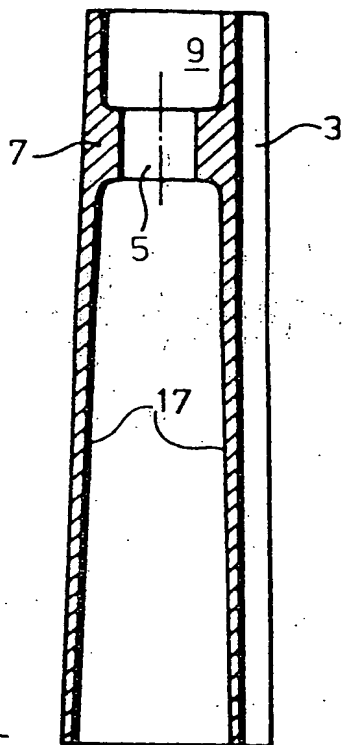


Fig. 5

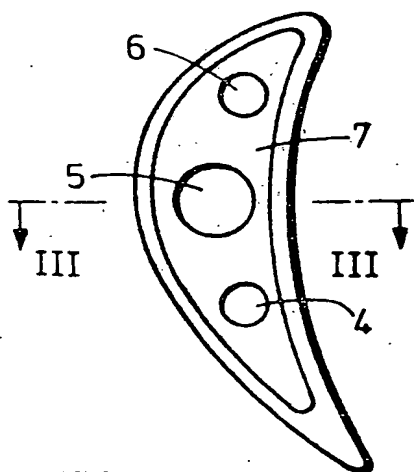


Fig. 4

NKL: 11/02A

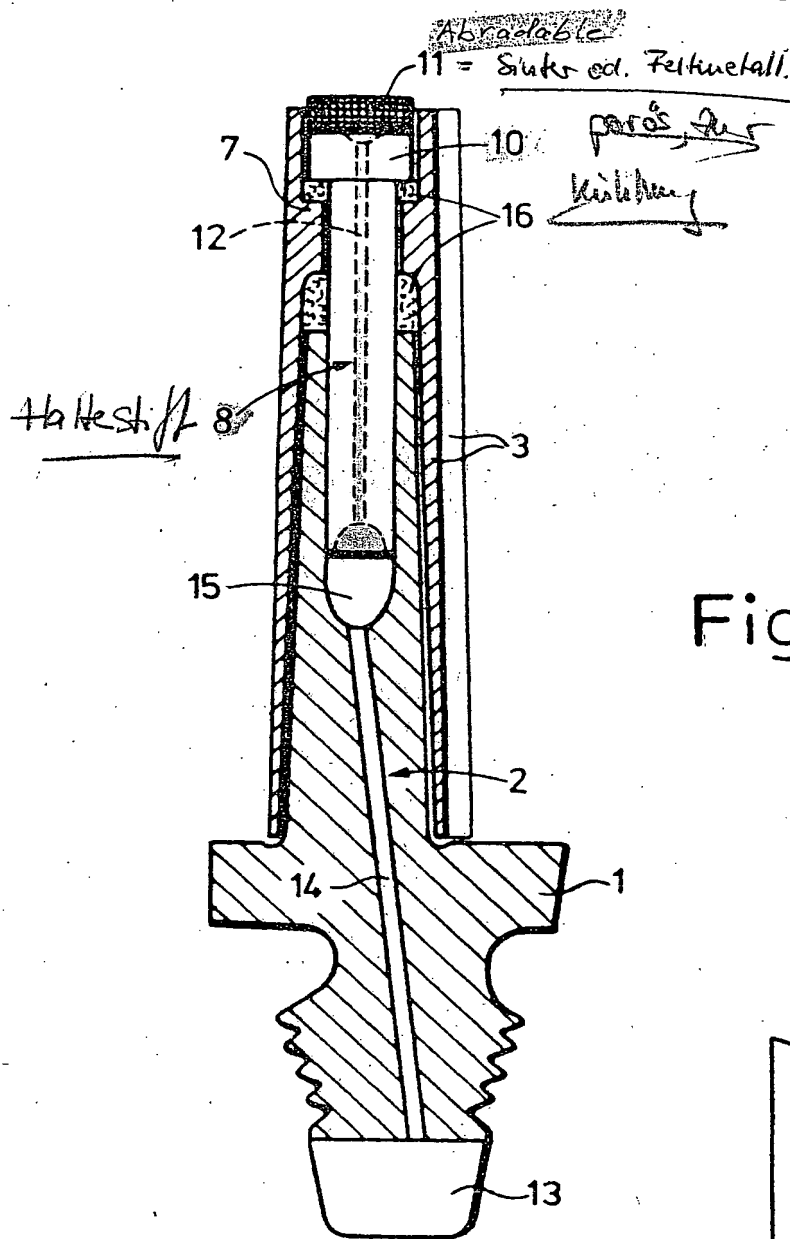


Fig. 1

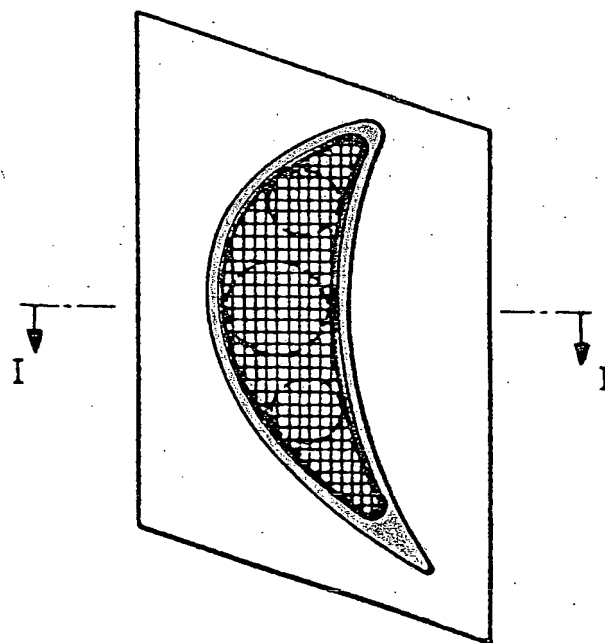


Fig. 2